

## **И. В. Ларьков**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научные руководители: Ю. В. Крышнев, Л. А. Захаренко

Уровень помех на выходе приемника может в несколько раз превышать полезный сигнал. Это может быть результатом действия как шумов естественного происхождения, так и собственных шумов приемника. В связи с этим возникает необходимость создания надежных систем связи, которые могли бы с заданной вероятностью передавать информацию в условиях сильных помех.

В качестве такой системы может быть использован корреляционный приемник на основе псевдослучайных последовательностей. Целью работы является исследование параметров псевдослучайных последовательностей, влияющих на корреляцию последовательностей и надежность передачи сигнала, и подтверждение полученных данных экспериментальным путем.

Принцип работы корреляционного приемника заключается в том, что принятый сигнал после усилителя и фильтра коррелируется с заданными опорными сигналами, и если уровень корреляции превысит заданный заранее предел, то будет считаться, что принят сигнал, соответствующий опорному сигналу (рис. 1).

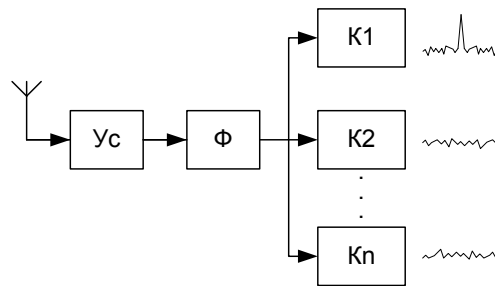


Рис. 1. Структурная схема корреляционного приемника

Для поиска оптимальных параметров были исследованы четыре фазоманипулированных М-последовательности длиной 31 символ. Периодическая автокорреляционная функция любой М-последовательности имеет постоянный уровень боковых лепестков, равный  $(-\frac{1}{N})$ , а автокорреляционная функция усеченной М-последовательности, под которой понимается непериодическая последовательность длиной в период  $N$ , имеет величину боковых лепестков, близкую к  $(-\frac{1}{\sqrt{N}})$  (рис. 2). Поэтому с ростом  $N$  величина боковых пиков уменьшается.

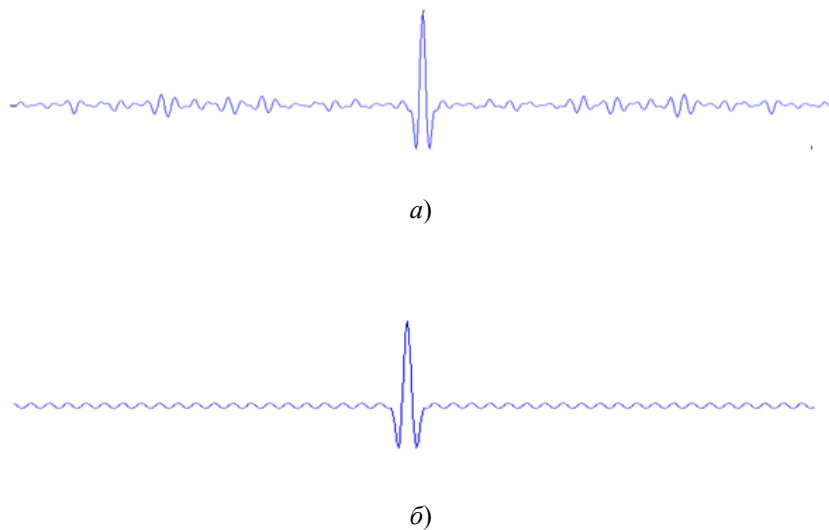


Рис. 2. Непериодическая автокорреляционная функция (а) и периодическая автокорреляционная функция (б)

Важным параметром является взаимнокорреляционная функция. Если выбранные для корреляционного приемника последовательности будут иметь большие значения взаимнокорреляционных функций, то количество ложных срабатываний значительно возрастет. Поэтому надо анализировать подбираемые последовательности.

Также проведен расчет вероятности ошибочного приема сигнала, сформированного на основе М-последовательности.

В [3, с. 307] рассмотрен расчет вероятности ошибочного приема при аддитивном гауссовом шуме для многоальтернативной задачи обнаружения, когда существует  $M$  гипотез:

$$r(t) = \begin{cases} s_1(t) + w(t), & 0 \leq t \leq T : H_1; \\ s_2(t) + w(t), & \dots \quad 0 \leq t \leq T : H_2; \\ s_M(t) + w(t), & 0 \leq t \leq T : H_M. \end{cases} \quad (1)$$

Вероятность ошибки при такой постановке задачи:

$$P(\varepsilon) = 1 - \int_{-\infty}^{\infty} dx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x - \frac{\sqrt{2E}}{N_0})^2}{2}} \left( \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2}} dy \right)^{M-1}. \quad (2)$$

Учитывая, что при использовании М-последовательности длиной 31 символ энергия сигнала увеличивается в 3,875 раза, произведем расчеты по формулам и построим график зависимости вероятности ошибочного приема от соотношения «сигнал/шум» в канале связи (рис. 3), для случаев, когда передача ведется при помощи:

- 1) двух разных М-последовательностей длиной 31 символ;
- 2) трех разных М-последовательностей длиной 31 символ;
- 3) четырех разных М-последовательностей длиной 31 символ.

По результатам расчетов можно сделать вывод, что вероятность ошибочного приема при использовании трех и четырех М-последовательностей длиной 31 символ выше, чем при использовании двух М-последовательностей длиной 31 символ (рис. 3).

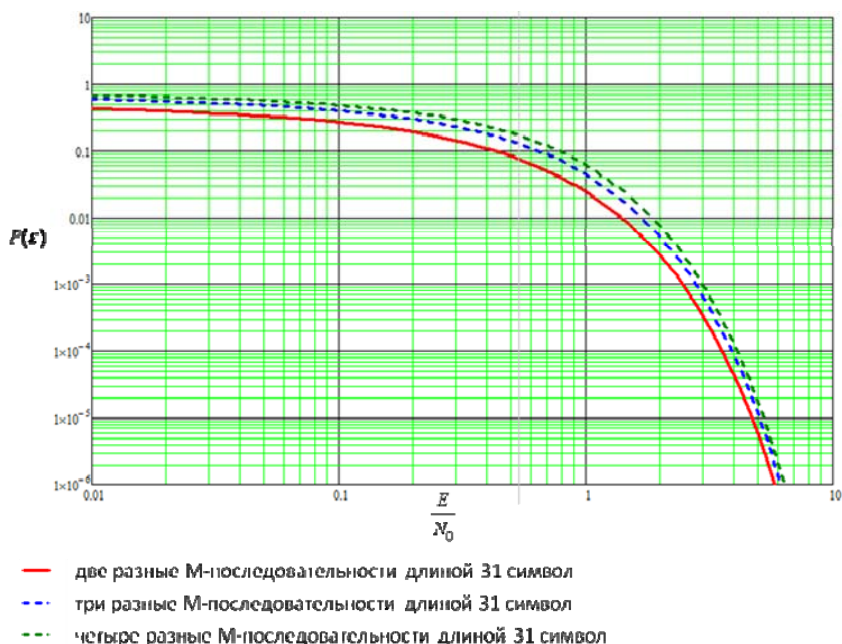


Рис. 3. Зависимость вероятности ошибочного приема от соотношения «сигнал/шум»

Для проверки правильности алгоритмов был проведен эксперимент. При помощи генератора сигналов формировались необходимые последовательности. Сигнал подавался на аналого-цифровой преобразователь, откуда после преобразования коррелировался в ПЛИС. После корреляции, при совпадении сигнала, его номер передавался при помощи UART на персональный компьютер (рис. 4).

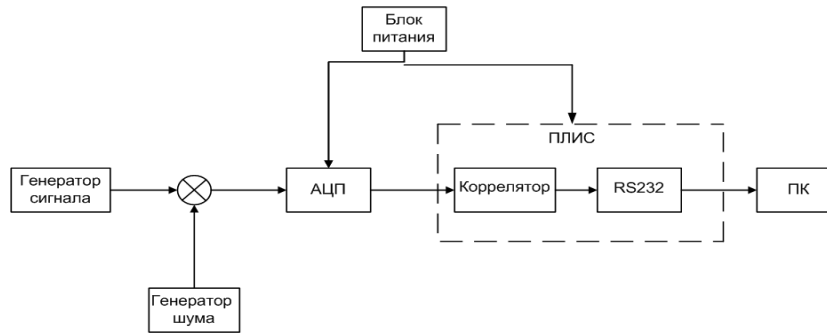


Рис. 4. Схема эксперимента

В ходе эксперимента была подтверждена правильность работы алгоритмов (рис. 5).

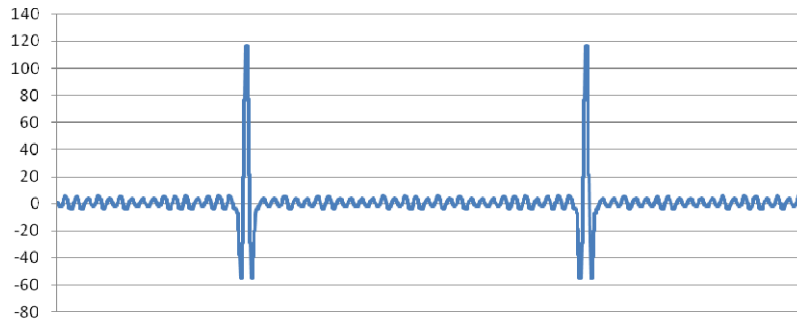


Рис. 5. Автокорреляционная функция, полученная экспериментальным путем

#### Л и т е р а т у р а

1. Питерсон, У. Коды, исправляющие ошибки / У. Питерсон. – М. : Мир, 1964.
2. Рабинер Л. Р. Теория и применение цифровой обработки сигналов : пер. с англ. / Л. Р. Рабинер, Б. Голд ; под ред. Ю. Н. Александрова. – М. : Мир, 1978. – 637 с.
3. Ван Трис, Г. Теория обнаружения, оценок и линейной модуляции : пер. с англ. / Г. Ван Трис ; под ред. В. И. Тихонова. – М. : Советское радио, 1972. – 744 с.
4. Стешенко, В. Б. ПЛИС фирмы ALTERA: проектирование устройств обработки сигналов / В. Б. Стешенко. – М. : ДОДЭКА, 2000.